



KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU  
Metsätalouden koulutusohjelma

Jari Taavitsainen

RUNGON KESKIJÄREYDEN VAIKUTUS KONEELLISEN ENER-  
GIAPUUKORJUUN KANNATTAVUUTEEN

Opinnäytetyö  
4/2013

 <b>Karelia</b> AMMATTIKORKEAKOULU	<b>OPINNÄYTETYÖ</b> <b>Huhtikuu 2013</b> <b>Metsätaloden koulutusohjelma</b>  Sirkkalantie 12 A 80100 JOENSUU 013 260 6900
Tekijä(t)  Jari Taavitsainen	
Nimeke  <b>RUNGON KESKIJÄREYDEN VAIKUTUS KONEELLISEN ENERGIAPUUKORJUUN KANNATTAVUUTEEN</b>  Toimeksiantaja T:mi Pekmann	
Tiivistelmä  <p>Metsähakkeen käyttö on kasvanut nopeasti viimeisten kymmenen vuoden aikana. Valtion tavoitteena on lisätä metsähakkeen käyttöä 13–16 miljoonan kiintokuutiometriin 2020 mennessä. Puupolttoaineiden kysynnän kasvun vuoksi raaka-ainetta joudutaan etsimään yhä kauempaa, ja samalla raaka-aineeksi on kelpuutettu myös kannot ja nuorten metsien harvennuksilta kertyvä pienpuu.</p> <p>Koneelliseen energiapuun korjuuseen tarkoitettuja laitevaihtoehtoja on tällä hetkellä markkinoilla useita. Nykyään menetelmänä on normaalilla ketjusahallisella harvesterikouralla toteutettu korjuu. Näin energiapuunkorjuun laitekustannuksia saadaan laskettua ja integroitu energia-ainespuunkorjuu on mahdollista.</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli vertailla metsäkoneyrittäjän keskimääräistä heikompien ja parempien korjuukohteiden liikevaihdon vaihtelua vuositasolla. Koneellinen energiapuunkorjuu on taloudellisesti kannattavaa runkotilavuuden ylittäessä 50 litran keskitilavuuden. Tulokset osoittivat, että energiapuunkorjuukohteiden keskijäreys on hyvin merkittävä kannattavuudelle.</p> <p>Metsäkoneyrittäjän kannalta koneellinen energiapuunkorjuu on taloudellisesti kannattavaa riittävän poistuman ja rungon keskitilavuuden sisältävillä kohteilla. Syksyllä 2012 tehdyissä energiapuuharvennuksissa hakkuu oli kannattavaa koealalla jossa rungon litratilavuus oli 56,4 litraa. Yleisin syy tappiolliseen energiapuunkorjuuseen johtuu liian pienestä keskijäreystä.</p>	
Kieli  suomi	Sivuja 29 Liitteet 1  Liitesivumäärä 1
Asiasanat  Energiapuunkorjuu, kannattavuus, hakkuukone, runkotilavuus	

		<b>THESIS</b> <b>April 2013</b> <b>Degree Programme</b> <b>in Forestry</b> Sirkkalantie 12A FIN 80100 JOENSUU FINLAND +358 13 260 6900
Author(s)  Jari Taavitsainen		
Title Effect of Average Trunk Size on Profitability of Mechanical Energy Wood Harvesting  Commissioned by Pekman Company		
Abstract  <p>The use of forest chips has grown rapidly over the past ten years. The aim of the state is to increase the use of forest chips to 13 to 16 million solid cubic meters by 2020. Due to growing demand of for wood fuels, raw material has to be found from further and further. For the same reason, stumps and small trees from thinnings are also qualified as raw material.</p> <p>At the moment, there are many kind of machines for energy wood harvesting on the market. A common trend is harvesting by harvesting head equipped with a normal chainsaw. In this way, machine costs for energy wood harvesting can be decreased, and integrated energy-industrial wood harvesting is possible.</p> <p>Based on the thesis, mechanical harvesting of energy wood is profitable in areas where an average trunk is over 50 liters. The main conclusion of the study is that the average trunk size of energy wood harvesting affects profitability to a great extent.</p> <p>From the forest machine contractor's point of view, energy wood harvesting is profitable in stands with enough volume to collect and with big enough average trunk size. Energy wood harvesting was profitable in a test area harvested in the autumn of 2012. The main reason for unprofitable energy wood harvesting is too small average trunk size.</p>		
Language English		Pages_29 Appendices 1 Pages of Appen-
Keywords  Energy wood harvesting, trunk size, harvester, profitability		

Sisältö

Tiivistelmä

Abstract

1 Johdanto .....	5
2 Energiapuun kasvatusta ja korjuuta kasvatusmetsistä .....	6
2.1 Metsänhoidolliset perustelut.....	6
2.2 Korjuukohteiden valinta .....	7
2.3 Energiapuunkorjuun tuet .....	8
2.4 Energiapuun korjuuta karsitun rangan ja kokopuumenetelmän yhdistelmänä .....	9
3 Pekmann Tmi.....	11
4 Työn tavoitteet .....	11
5 Tutkimusmenetelmä ja aineisto .....	12
6 Tulokset.....	13
6.1 Kohde 1 kuvaus.....	13
6.2 Kohde 2 kuvaus.....	16
6.3 Koneellisen energiapuuharvennuksen kustannukset .....	19
6.4 Koneinvestoinnit .....	20
6.5 Kiinteät kustannukset .....	21
6.6 Muuttuvat kustannukset .....	22
6.7 Työkustannukset .....	22
6.8 Kannattavuuslaskelmat .....	23
7 Yhteenveto ja päätelmät .....	24
Lähteet.....	25

Liite

## 1 Johdanto

Puu on uusiutuva luonnonvara. Tästä johtuen metsäenergia mielletään luontoystävälliseksi, ja sillä voidaan korvata uusiutumattomia energianlähteitä ja hillitä ilmaston lämpenemistä. Energiapuun käyttö lämpö- ja voimalaitoksissa on kasvanut voimakkaasti viime vuosina. 2011 metsähakkeen käyttö oli 7,5 miljoonaa kiintokuutiometriä vuodessa, kun mukaan on huomioitu pienkäytön osuus 0,6 miljoonaa kiintokuutiometriä. Pienkäytön osuus koostuu lähinnä maatalouksien käyttämästä hakkeesta. (Kansallinen metsäohjelma 2015; Metsätilastollinen vuosikirja 2008.)

Metsäkoneyrittäjän kannalta koneellinen energiapuunkorjuu ei ole tällä hetkellä taloudellisesti kovinkaan kannattavaa. Hakkuun osalta kannattavuus on mahdollista saavuttaa. Tutkimuskohteilla energiapuuharvennuksissa hakkuu on ollut joillain yksittäisillä kohteilla kannattavaa, mutta yleensä metsäkoneyrittäjä on tehnyt tappiota. Metsäkuljetuksen osalta tilanne on kannattavuutta ajatellen huono. Nykyisellä taksatasolla metsäkuljetusta ei voida hoitaa siten, että se olisi taloudellisesti kannattavaa toimintaa metsäkoneyrittäjälle.

Kotimaisen puun käyttöä pyritään nostamaan kaksinkertaiseksi nykyiseen verrattuna. Tämä vaatii nopeita toimenpiteitä sekä metsänomistajien palvelutoimintaa. Lisäksi verotusta on muutettava kannustavammaksi. Metsien mahdollisuudet luovat uusia näkökulmia moninaisille metsäalan tarjoamille toiminnoille. Lähtöleveysuuden haasteita tulevat olemaan tuotantokustannusten nousu, metsäteollisuusyritysten kansainvälisen kilpailun kiristyminen sekä kotimaisen puun käytön lisääminen ja työvoiman riittävyys. Epävarmuustekijät tuontipuun saatavuudessa korostavat kotimaisen puun merkitystä.

## **2 Energiapuun kasvatusta ja korjuu kasvatusmetsistä**

Euroopan unionin ilmasto- ja energias strategiaan pohjautuva Suomen uusiutuvan energian kehittämistavoite nostaa metsähakkeen vuotuisen käytön määrän 13–16 miljoonaan kiintokuutiometriin vuonna 2020. Tämä on yli kaksi kertaa nykyhetken käyttömäärä. (Metsätalouden kehittämiskeskus TAPIO 2010.)

Energiapuuharvennus käy parhaiten metsänkäsittelytavaksi hoidetuille ja hoitamattomille kasvatusmetsille. Energiapuu käsitetään nykyisin yhtenä tärkeänä puutavaralajina muiden puutavaralajien ohella. (Metsätalouden kehittämiskeskus TAPIO 2010.)

Massiivisista puuvarannoista ja metsien hyvästä kasvusta huolimatta energiapuuvaramme eivät kuitenkaan pelkästään riitä korvaamaan fossiilisten polttoainoiden osuutta nykyisestä energiankulutuksesta. Lisäämällä metsähakkeen käyttöä nykyisen korjuukyvyn tasolle, toisin sanoen viisinkertaistamalla metsähakkeen nykykäyttö, katettaisiin arviolta 6 % maamme nykyisestä energiankulutuksesta. Energia- ja ilmastopolitiikan on siis perustuttava useiden eri energiamuotojen yhteis- ja rinnakkaiskäyttöön ja ennen kaikkea energiankulutuksen kasvun katkaisemiseen. (Metla 2008.)

### **2.1 Metsänhoidolliset perustelut**

Energiapuun harvennus sopii nuoriin metsiin, joissa taimikonhoito on jäänyt puutteelliseksi ja korjattavissa oleva ainespuun määrä on vähäinen. Energiapuuharvennuksen seurauksena puusto järeytyy, ja ensimmäisen ainespuu harvennuksen kannattavuus paranee. Energiapuun korjuuseen on useissa tapauksissa saatavissa valtion rahoitustukea Kemera-tuen muodossa.

Valtio tukee yksityisen metsänomistajan metsänhoito- ja metsänparannustöitä silloin, kun ne ovat yksityistaloudellisesti huonosti kannattavia. Kemeran mukaiset tuet myöntää hakemuksesta Metsäkeskus. Energiapuunkorjuussa mahdolli-

sia tukimuotoja ovat korjuu- ja haketustuki. Korjuutuen edellytyksenä on, että puuta kertyy rahoitetulta nuoren metsän hoitokohteilta vähintään 20 m<sup>3</sup>/ha ja puu luovutetaan energiakäyttöön. Tuen määrä korjuun osalta on 7 €/m<sup>3</sup>, josta puolet on hakkuun ja puolet lähikuljetuksen osuutta.

Metsätalouden kannalta kaikkein huonoin vaihtoehto on jättää taimikot hoitamatta ja antaa niiden riukuuntua. Energiapuuharvennus voi olla osa harkittua laatukasvatuksen kasvatusketjua. Vertailtaessa hoidettuja ja hoitamattomia metsiä voi ero olla jopa kolminkertainen, koska taloudellisesti arvottomat pioneeripuulajit muodostaisivat vallitsevan puuston (Fredriksson 2004).

”Nuorten metsien puskemaa energiapuuta ei taas tule riittävästi, koska puuta toimittavat urakoitsijat eivät poukkoilevan lainsäädännön vuoksi uskaltadu korjuuketjun tehokkuutta parantaviin miljoonalaiteinvestointeihin” (Liikanen. 2013, 6.)

## 2.2 Korjuukohteiden valinta

Nuorta metsää on harvennettava, jotta metsän tuotto tulevaisuudessa olisi paras mahdollinen. Energiapuun korjuuseen nuorista metsistä soveltuvat parhaiten kohteet, jotka sijoittuvat taimikko- ja ensiharvennusvaiheen väliin. (Biowatti, 2003.)

Metsäliiton korjuuesimies Ville Pulkan mukaan hyvän energiakohteen tunnusmerkkejä ovat seuraavat: Puuston keskipituus on 8–12 m ja runkoluku ennen hakkuuta noin 4 000 r/ha. Poistettavaa kuitupuuta on 10–20 m<sup>3</sup>/ha ja poistettavien runkojen keskikoko on 30–80 dm<sup>3</sup>/r. Hyvälle energiakohteelle on taimikonhoito tehty, kun puuston pituus on ollut noin 3–4 m, leimikon tulee olla myös kesäkorjuu kelpoinen. Metsäkuljetusmatkan pitää olla alle 400 m ja mikä tärkeintä, leimikon pitää olla Kemera-kelpoinen. (Pulkka 2012.)

Tällaiset kohteet ovat metsähoidollisen käsittelyn tarpeessa, mutta niiltä ei kerry tavalliseen ainespuunkorjuuseen vaadittavaa riittävän suurta puukertymää. Täl-

löin järkevä toimenpide metsän kasvukuntoon saattamiseksi on energiapuunkorjuu. Tällä toimenpiteellä varsinaista harvennusta saadaan siirrettyä myöhemmäksi. (Biowatti, soveltuvat metsähakkeen korjuukohteet 2003.)

Uusimpien tilastojen mukaan energiapuun korjuumäärät ovat edelleen kasvussa. Metsähakkeen käyttö vuonna 2011 oli yhteensä 7.5 miljoonaa kuutiometriä, mikä on 10 % enemmän kuin edellisenä vuonna. Eniten kasvoi energiapuuharvennuksissa talteen kerätyn pienpuun määrä. Energiapuunkorjuu nuorista kasvatusmetsistä on ensisijaisesti metsänhoidollinen toimenpide, jolla pyritään estämään hoitokohteen puuston teknisen laadun turmeltuminen sekä pelastamaan jäävän puuston tulevaisuuden arvokasvu. (Bioenergia 2012, 6.)

### **2.3 Energiapuunkorjuun tuet**

Energiapuun korjuukohteille on mahdollista saada erilaisia tukia, kuten nuoren metsän pinta-alaperusteinen hoitotuki sekä energiapuunkorjuu- ja haketustuki, jotka ovat kestävän metsätalouden rahoituslain mukaisia tukimuotoja. Tukikohteiden kriteerit ja niiden soveltaminen käytännössä mahdollistavat energiaharvennusten toteutuksen. (Salo 2003a.)

Energiapuuharvennusten korjuukohteiden valinnan vaihteluväliin vaikuttaa kaksi seikkaa. Ensinnäkin vaikuttaa se, onko kohteelle saatavissa valtion tukea energiapuun korjuuseen. Tämä vaikuttaa erityisesti liikuttaessa energiapuuharvennusten piiriin tulevissa puustoltaan järeimmissä kohteissa. Nykyisillä markkinahinnoilla ainespuulle maksetaan parempaa hintaa kuin energiapuulle, jolloin kohteen jo ohittaessa Kemera-tuen ylärajan ei energiapuuharvennus ole kannattava vaihtoehto. Toisaalta korjuukohteen alarajana tulevat vastaan korjuun kustannukset suhteessa maksettavaan energiapuunhintaan. Korjuun kustannukset nousevat huomattavasti puuston pienentyessä. Vaikka kyseessä on myös metsänhoidollinen toimenpide, tulee miettiä, paljonko kannattaa korjuusta maksaa. Energiapuuharvennuskohteiden ongelmana on kohteiden suuri vaihtelu, joka hankaloittaa taloudellisesti yhdellä korjuukalustolla kaikkien kohteiden korjuuta. (Tanttu 2007.)



## **2.4 Energiapuun korjuu karsitun rangan ja kokopuumenetelmän yhdistelmänä**

Suomalainen bioenergiaosaaminen on maailmanlaajuisesti huipputasoa niin raaka-ainehankinnan, jalostuksen kuin energiantuotannon osalta. Metsäalan laitevalmistajat, teollisuus sekä koneyrittäjät ja tutkijat ovat yhdessä luoneet ratkaisuja ja menetelmiä, joilla on kysyntää muuallakin maailmassa.

Energiaharvennuskohteiden koneellisen korjuun kannattavuus on tällä hetkellä täysin valtion tukien varassa. Tämä rajoittaa selvästi toiminnan laajentamista. Koneellisen energiapuunkorjuun tekniset ratkaisut hakevat tällä hetkellä muotoaan ja kehittyvät nopeaan tahtiin. Energiaharvennuksiin soveltuvaa korjuutekniikkaa kehitetään kahta eri pääsuuntaa. (Salo 2003a.)

Laitevalmistajat ovat suunnitelleen giljotiiniratkaisuun perustuvia ratkaisuja, sekä perinteisellä ketjukatkaisulla varustettua kaatopäätä on jatkokehitelty energiapuunkorjuuseen soveltuvaksi. Giljotiiniratkaisuun perustuvan kaatopään vahvuus korostuu pieniläpimittaisissa kohteissa, joista lähtevä puusto korjataan kokonaisuudessaan energiapuuksi. Perinteisen ketjukatkaisuun perustuvan kaatopään (kuva 1) hyödyt ovat sen helppoudessa kytkeä energiapuunkorjuu osaksi ainespuunkorjuuta.

Salon (2003a) mukaan koneyrittäjän kannalta on tärkeää, että olemassa olevaa korjuukalustoa pystytään hyödyntämään mahdollisimman hyvin ja tarvittavat lisäinvestoinnit energiapuunkorjuun erikoiskalustoon pystytään minimoimaan.

Uusi korjuutekniikka vaatii käytännön testausta kehittyäkseen. Nuorissa metsissä käytettävä korjuuteknologia on kehityskaarensa alkupäässä, ja se vaatii mitavia ponnisteluja kehittyäkseen samalle tasolle kuin mitä ainespuunkorjuun tekniikka on tällä hetkellä. (Salo 2003a.)

Koneyrittäjät investoivat energiapuunkorjuukalustoon sekä testaavat niiden toiminnan käytännössä. Uuteen tekniikkaan siirtyminen on aina riski koneyrittäjälle. Tämän askeleen ottaminen osoittaa halua kehittää koneellista energiapuunkorjuutekniikkaa sekä halua parantaa ja täydentää koneyrittäjien palvelupaketteja asiakkaiden suuntaan.



Kuva 1. Ketjusahallinen harvesterikoura.

Koneellisessa energiapuuharvennuksessa on hakkuu mahdollista suorittaa joukkokäsittelynä tai perinteisesti yksinpuinhakkuuna. Yksinpuinhakkuu on kuitenkin perinteisesti ajatellen liian hidasta energiapuun korjuussa. Puun katkaisu ja kaato on mahdollista suorittaa joko ketjuterällä tai giljotiinileikkurilla. Hakkuupäät ovat mahdollisuuksien mukaan valittavissa joko joukkokäsittelykäpälien kanssa tai ilman. Hakkuukoneella korjaustekniikka on kaatokasausmenetelmä. Joukkokäsittelyssä puut kerätään hakkuupäähän kouran ollessa pystyssä, jonka jälkeen ne kaadetaan nippuna maahan ja katkaistaan tämän jälkeen jälleen nippuna sopivan mittaisiksi ajatellen metsäkuljetusta. Yhdistelmämenetelmällä tarkoitetaan korjuuta, jossa tyviosa rungosta korjataan karsittuna rankana ja latvaosa kokopuumenetelmänä. Näin järeämpi rungon tyviosa vaurioituu mekaanisesti ja kuivuu tehokkaammin.

Nuoren kasvatusmetsän käsittelyyn on tarjolla useita vaihtoehtoisia korjuumenetelmiä: korjuu voidaan tehdä "perinteisesti" erilliskorjuuna eli leimikosta korjataan vain joko aines- tai energiapuuta tai integroituna korjuuna eli työmaalta korjataan sekä aines- että energiapuuta. Kummassakin korjuumenetelmässä energiapuu voidaan korjata joko karsimattomana kokopuuna tai karsittuna rankapuuna. (Metsäteho 2010.)

### **3 Pekmann Tmi**

Pekmann tmi toimii Pieksämäen ja Haukivuoren alueella Stora Enson työmailla, ja vastaa energiapuun korjuusta. Yritys hakkaa ja lähikuljettaa ensiharvennuksia 10 000 m<sup>3</sup> ja energiapuuta n. 2 000 m<sup>3</sup>, eli yhteensä 12 000 m<sup>3</sup> vuodessa. Tästä muodostuu vuoden liikevaihto 150 000 €/v.

Yrityksen toiminnalle on tärkeää, että yritys voi taata säännöllisen työllisyyden ja että yrityksen perustehtävässä pysytään kehityksen mukana ja valmiudessa kehittää toimintoja muuttuvan toimintaympäristön vaatimuksia vastaaviksi. Yrityksessä on yrittäjän lisäksi yksi palkallinen työntekijä kuormatraktorin kuljettajana.

### **4 Työn tavoitteet**

Tämän työn tavoitteena oli selvittää tmi Pekmannin energiapuun korjuun kannattavuutta nykyisillä kustannustekijöillä erilaisissa kohteissa. Työssä määritellään korjattavan puuston järeystekijöiden vaikutuksia, joilla on merkittävä suhde energiapuun korjuun kustannuksiin. Korjuujäljen laatua arvioitiin metsänhoidolliselta kannalta silmämääräisesti.

Tutkimuksessa metsäenergiasta puhuttaessa tarkoitetaan nimenomaan karsitun rangan ja kokopuumenetelmän yhdistelmällä saavutettavaa vuosikatteen vaihteluväliä eritasoisten koealakohteiden välillä.

## 5 Tutkimusmenetelmä ja aineisto

Työ toteutetaan Pieksämäen ja Haukivuoren alueella Stora Enson työmailla, jossa ensiharvennuksista ja energiapuun korjuusta vastaa toiminimi Pekmann, Pekka Vauhkonen. Yritys on haukivuorelainen energiapuunkorjuuseen ja ensiharvennuksiin erikoistunut, koneellista puunkorjuuta harjoittava hakkuukoneura-koitsija. Hakkuukone on Profi 50 vm 2008 (7500 h)(kuva 2), jossa on hakkuupäänä syöttävä ja ketjusahallinen Kesla 25RH . Ajokoneena on Lokomo 909 vm 85. Hakkuu- ja ajokone soveltuu tuloksellisesti energiapuu- ja harvennushakkui-siin.

Molemmat tutkimuksen energiapuun esimerkkikorjuukohteet on hakannut sama metsäkoneenkuljettaja, joten kustannustekijät saadaan luottamuksellisesti kir-janpitotiedoista, jolloin pystytään laskemaan työmailla koneen tuntikohtaisia tuo-toksia ja kustannuksia.



Kuva 2. Pekmann tmi.

Kohteiksi valittiin yrittäjän keskimääräistä leimikkorakennetta mahdollisimman hyvin kuvaavat kohteet hakkuutyön kannattavuudeltaan molemmista ääripäistä. Maastomittaukset kohteilla suoritettiin syksyllä 2012 metsätalouden kehittämisskeskus Tapion antamien ohjeiden mukaisesti. Tutkimuskohteille luotiin systemaattinen koealaverkosto, ja koealan säteenä käytettiin 3,99 metriä, jolloin yhden koealan pinta-ala on 50 m<sup>2</sup>.

Tutkimuskohteilla poistettujen puiden runkoluku mitattiin käyttäen 3,99 metrin sädettä. Poistettujen runkojen kantojen keskiläpimitta laskettiin koealan keskipisteestä viiden lähimmän kannon läpimitan perusteena. Lisäksi kohteilta mitattiin ajouraväli ja ajourien leveys sekä tarkasteltiin silmämääräisesti korjuuvaurioita ja urapainaumia. Rungon keskitilavuus saatiin hakkuukoneen mittalaiteella mittauksissa määritellyiltä rungoilta.

Kuvioiden perustiedot, kuten kasvupaikkatyyppi sekä puuston ikä, saatiin kyseisille tiloille tehdystä metsäsuunnitelmasta. Nämä tiedot tarkastettiin mittauksista tehdessä silmämääräisesti oikeaksi, ja tarpeen mukaan tiedot korjattiin paikansa pitäviksi. Lisäksi kohteesta tehtiin yleissilmäys silmämääräisesti sekä kuvattiin kuvioita lyhyesti sanallisesti.

## **6 Tulokset**

### **6.1 Kohde 1 kuvaus**

Tutkimuskohde 1 on kokonaisuudessaan lehtomaista kangasta (kuva 3). Puusto tälle alueelle on arvioiden mukaan syntynyt luontaisesti. Tämän kuvion puuston ikä on noin 25–30 vuotta. Tälle metsikkökuviolle ei ole tehty mitään hoitotoimenpiteitä ennen viime syksynä tehtyä koneellista energiapuuharvennusta.





Kuva 3. Kuvio 1 korjuun jälkeen.

Taulukko 1. Tutkimuskohde 1

Kasvupaikkatyyppi	MT
Kuvion pinta-ala	2,4 ha
Puuston ikä (v)	25-30
Puuston kasvatustiheys ennen hakkuuta (kpl/ha)	2473
Kasvatettavan puuston runkoluku hakkuun jälkeen (kpl/ha)	1 123
Kasvatettavan puuston keskiläpimitta (cm)	11
Kasvatettavan puuston pituus (m)	10
Poistettu puusto (kpl/ha)	1350
Poistetun puuston kantojen keskiläpimitta (cm)	14
Ajouran leveys (m)	4
Ajouraväli (m)	19

Kuvio täyttää Kemera-kelpoisuuden ehdot.

Kemeran ehdot vaativat, että poistettujen runkojen lukumäärän täytyy olla vähintään 1 000 r/ha, jotta alue voisi saada kestävän metsätalouden rahoituslain

mukaista nuoren metsän kunnostukseen tarkoitettua tukea. Tällä kuviolla tuo 1 000 r/ha:lla minimivaatimus täyttyi.

Tämän alueen runkoluku oli jo ennen hakkuuta varsin alhainen verrattuna energiapuuharvennuskohteisiin. Kohteen hoitotarve selittyneekin kuusen taimikon päältä energiapuuksi korjattavan ylispuulepikon poistolla. Kuvio oli selvästi välitömän hoidon tarpeessa. Ajourien leveydessä ei ole huomauttamista.

Runkoluku ennen harvennusta on vaihdellut koealoittain suuresti. Korkeimmillaan puuston runkoluku on ollut vajaa 3 300 r/ha, kun harvimmillaan runkoluku on ollut ainoastaan 2100 r/ha. Keskimääräinen puuston tiheys tällä alueella on ollut ennen hakkuuta 2473 r/ha. Runkoluvun suureen hajontaan vaikutti alueella olleet pienet korkeuserot, jotka vaikuttivat kasvupaikan kosteus- ja ravinneolosuhteisiin. Kosteampi osa oli puustoltaan harvempi, mutta poistettavan puuston runkotilavuus oli suurempi.

Tehdyssä ylispuiden poistossa alueen luontaisesti syntynyt kuusen taimikko on saavuttanut hyvät kasvuedellytykset. Tiheimmiltä alueilta taimikon kehitystä haittaavaa ylispuustoa on poistunut paljon. Ajouraväli on noin 20 m, mutta uravälin leventäminen ei ole mahdollista näkyvyyden ja hakkuun vaikeutumisen vuoksi.

Kuviotiedoista voidaan nähdä hakkuun jälkeisen runkoluvun olevan tällä tutkimuskohteella keskimäärin 1 123 r/ha. Kohteen runkoluku harvennuksen jälkeen vaihtelee kuvion eri osissa. On muistettava, että hoidettuihin taimikoihin ei kehity kannattavaa energiapuunkorjuukohdetta.

Poistettujen ylispuurunkojen keskitilavuus on  $56,4 \text{ dm}^3/\text{r}$ . Poistuman tilavuus on laskettu siten, että hakkuukoneen kaatopää rekisteröi tietokoneen muistiin jokaisen leimikolta katkaistun rungon. Kun tiedetään alueelta poistuneen puuston määrä kiintokuutiometreissä ja sen lisäksi tiedetään poistuman lukumäärä kappaleissa, on puuston keskimääräinen tilavuus laskettu näiden lukujen avulla.



Kuva 4. Kuvio 1:n korjattua energiapuuta.

Tämän laskelman mukaan alueen keskimääräinen poistuma olisi noin 76,14 m<sup>3</sup>/ha (2,4ha) (kuva 4). Tässä laskelmassa on käytetty puuston keskitilavuutena 56,4 dm<sup>3</sup>/r ja puuston keskimääräisenä poistumana 1350 r/ha.

Mielestäni tämän alueen ylispuunpoistossa on onnistuttu metsänhoidollisesti niin hyvin kuin se on käytettävän laitteiston avulla tällä kohteella ollut mahdollista. Alueen epätasaisuuden vuoksi jäävä kuusen taimikko on paikoin aukkoista, mutta tälle hakkuukoneen kuljettaja ei mahda mitään. Kohteen kasvupaikkatyyppi on mahdollistanut osaltaan hyvän korjuujäljen. Korjuuvaurioilta tällä hoitamattomalla taimikkokuviolla ei ole välttytty, mutta korjattu energiapuumäärä on ollut merkittävä.

## 6.2 Kohde 2 kuvaus

Tutkimuskohde 2 on kokonaisuudessaan kuivaa VT-kangasta (kuva 5). Puusto tälle alueelle on arvioiden mukaan syntynyt luontaisesti. Tämän kuvion puuston ikä on noin 30 vuotta. Tälle metsikkokuviolle ei ole tehty mitään hoitotoimenpiteitä ennen viime syksynä tehtyä koneellista energiapuuharvennusta. Puusto on tällä kuviolla paikoittain tiheää, mutta vaihtelevaa.





Kuva 5. Kuvio 2:n koneellinen korjuu.

Taulukko 2. Tutkimuskohde 2

Kasvupaikkatyyppi	VT
Kuvion pinta-ala	3,1
Puuston ikä (v)	30
Puuston kasvatustiheys ennen hakkuuta (kpl/ha)	2900
Kasvatettavan puuston runkoluku hakkuun jälkeen (kpl/ha)	1100
Kasvatettavan puuston keskiläpimitta (cm)	11
Kasvatettavan puuston pituus (m)	12
Poistettu puusto (kpl/ha)	1800
Poistetun puuston kantojen keskiläpimitta (cm)	7
Ajouran leveys (m)	4
Ajouraväli (m)	20

Kuvio 2 on Kembra-kelpoinen. Kembran ehdot vaativat, että poistettujen runkojen lukumäärän täytyy olla vähintään 1 000 r/ha, että alue voisi saada kestävän metsätalouden rahoituslain mukaista nuoren metsän kunnostukseen tarkoitettua tukea. Tällä kuviolla tuo 1 000 r/ha:lla minimivaatimus täytetään. Kuviotiedoista näkyy myös keskimääräinen runkoluku tutkimusalueella sekä ennen energiapuuharvennusta että energiapuuharvennuksen jälkeen.

Kuten kuviosta näkyy, on runkoluku ennen harvennusta ollut korkea. Korkeimmillaan puuston runkoluku on ollut 3 500 r/ha, kun harvimmillaan runkoluku on ollut 2300 r/ha. Keskimääräinen puuston tiheys tällä alueella on ollut ennen hakkuuta 2900 r/ha. Tehdyssä energiaharvennuksessa kuvion runkoluku on tasaantunut. Korjattu runkoluku on suuri, mutta runkotilavuus pieni. Hakkuun ajankäyttö on kuutiota kohti melko suuri. Kuviolla 2 hakkuun jälkeinen runkoluku on keskimäärin 1 100 r/ha, ja lisäksi kohteen runkoluku harvennuksen jälkeen vaihtelee 950–1200 r/ha.

Tutkimusalueella 2 kasvatettavan puuston keskiläpimitta (d 1,3) oli maastomittauksia tehdessä 11 cm. Läpimitta vaihteli kohteella 4–14 cm. Energiapuuharvennuksessa poistetun puuston keskimääräinen kantokeskiläpimitta oli kohteella 7 cm ja vaihteli 4–12 cm. Puuston keskipituus kohteella oli 10 m pituuden vaihdellessa 8–12 m.

Tutkimuskohteella 2 harvennuksen jälkeisen kasvatettavan puuston keskimääräinen tilavuus on laskelmieni perusteella  $90 \text{ dm}^3/\text{r}$ . Poistettujen runkojen keskitilavuus on  $28 \text{ dm}^3/\text{r}$ . Poistuman tilavuus on laskettu samoin kuin kohteella 1, että hakkuukoneen kaatopää rekisteröi tietokoneen muistiin jokaisen leimikolta katkaistun rungon. Kun tiedetään alueelta poistuneen puuston määrä kiintokuutiometreissa ja sen lisäksi tiedetään poistuman lukumäärä kappaleissa, on puuston keskimääräinen tilavuus laskettu näiden lukujen avulla.

Jari Taavitsaisen ja Olli-Pekka Vauhkosen tekemän pinomittauksen mukaan tältä alueelta korjattiin energiapuuta yhteensä  $156,24 \text{ m}^3$ . Poistuma olisi tämän mittauksen mukaan noin  $50,4 \text{ m}^3/\text{ha}$  (kuva 6.).



Kuva 6. Kuvio 2:n energiapuukasa.

Metsänhoidollisesti tämän kohteen koneellinen energiaharvennus on ollut onnistunut ratkaisu. Puusto on kauttaaltaan harvennettu tasaisesti. Leimikon korjuujälki on hyvää, eikä koneista johtuvia puustovaurioita ole. Maapohja on kestänyt koneet hyvin, eikä alueelle ole syntynyt urapainauksia.

### **6.3 Koneellisen energiapuuharvennuksen kustannukset**

Tässä opinnäytetyössä paneudutaan eritoten energiapuukorjuukohteen aiheuttamiin hakkuun kustannuksiin ja tuottavuuteen. Korjuukustannukset johtuvat suurimmalta osin korjuuoloista eli leimikon koostumuksesta.

Koekuvioiden mukaisesti laskennallinen vuosiliikevaihto ja kulurakenne on laadittu yrittäjän haastattelujen ja kirjanpitolietojen perusteella, näin tulo- ja meno kirjaukset ovat mahdollisimman realistisia. Näiden tietojen perusteella olen laatinut esimerkkilaskelmat vuosiliikevaihdon vaihteluvälistä kahden erityyppisen korjuukohteen välillä.

Yrittäjällä on käytössä kaksi eri kulujen poistomenetelmää käyttökuluihin, kerta-poisto ja prosentuaalinen 25 % vuosipoisto, ja koneinvestointeihin tasapoisto.

Koneinvestointien maksu- ja poistoaika tasapoistona on 5 vuotta. Poistoissa käytetään hakkuukoneen osalta viiden vuoden tasapoistoa. Pienempien investointien, jotka eivät ole poistettavissa kertapoistona, käytetään prosentuaalista (25 %) vuosipoistoa. Tasapoistolla seurataan lainojen lyhenemistä, ja poistot mukailevat vieraan pääoman määrää tasapainottaen yrityksen taloutta pitkällä aikajänteellä. Koneinvestointien alv-osuutta ei haeta kertapoistona, vaan tässäkin edetään poistoaajan tasapainosuunnitelman mukaan.

#### **6.4 Koneinvestoinnit**

Suunnitelman mukaan Pekman tmi hakkaa ja lähikuljettaa ensiharvennuksia 10 000 m<sup>3</sup> ja energiapuuta n. 2000 m<sup>3</sup>, eli yhteensä 12 000 m<sup>3</sup> vuodessa. Tästä muodostuu vuoden liikevaihto 150 000 €/v. Yrityksen taulukossa (liite 1) esitetty kulurakenne koostuu seuraavasti. Aine- ja tarvikekäyttöön kirjataan poltto- ja voiteluaineet 24 500 €/v.

Liiketoiminnan muihin kuluihin kirjattavat vakuutuskustannukset (koneiden liikenne-, vastuu- ja siirtovakuutukset) ovat 3 420 €/v, työntekijöiden oman auton käytöstä aiheutuvat työmatkakustannukset, päivärahat yms. 27 000 €/v ja erilaiset hallintokulut (hallitilat, kirjanpito, puhelin, lehdet, markkinointi, yms.) 5200 €/v.

Ulkopuolisiin palveluihin kirjataan korjaus- ja huoltokuluja 11 000 €/v, ja kaluston ulkopuoliselta ostetut siirtokustannukset ovat 2000 €/v. Henkilöstökuluihin kirjataan yhden ulkopuolisen työntekijän palkkakustannukset sosiaalikuluihin 24 150 €/v. Henkilöstökulut on laskettu siten, että yrityksen vuotuinen työaika-resurssi on n. 3000 h sisältäen henkilöstön (1400 h) ja yrittäjän oman työpanoksen (1600 h). Yrittäjän itsensä ja yhden ulkopuolisen työntekijän mukaan laskettuna vuotuinen laskennallinen työaika-resurssi on optimoitu ja tiedostetaan tiukaksi. Sosiaalikuluihin (50 %) työntekijän tuntipalkka (11,50 €/h) nousee 17,25 euroon tunnilta työnantajalle.



Yrittäjän palkkatuloksi muodostuu yrityksen vuoden nettotulosta tehtyjen vähennysten jälkeinen tulo. Yrittäjä maksaa tästä tulosta tuloveroa normaalin käytännön mukaan esim. 26 %. Koska kaikkia yrityksen tuotantokustannuksia on vaikea arvioida pidemmällä aikavälillä tarkasti, on syytä varautua toimintaa suunniteltaessa esim. 20 % kustannusylivaraukseen.



Kuva 7. Hakkuukone työssä.

## 6.5 Kiinteät kustannukset

Kiinteät kustannukset muodostuvat yritykselle riippumatta yrityksen toiminnasta. Kiinteitä kustannuksia metsäkoneyrityksessä ovat mm. investointien rahoitus- ja korkokulut, vakuutukset, hallintokustannukset ja yrittäjän henkilökohtainen palkka (liite 1). Poistot ja korkokulut ovat 35 700 €, vakuutuksista liikennevakuutus 900 €, vastuuvakuutus 500 € ja siirtovakuutus 1500 € vuodessa. Hallintokustannuksiin lasketaan liiketilat 200 €, kirjanpito 2800 € ja puhelin sekä lehtikulut 600 € vuodessa. Yrittäjän palkkatulot kuuluvat myös kiinteisiin kustannuksiin, mutta toiminimi-yritysmuodossa yrittäjän palkkatuloksi katsotaan yrittäjän itsensä vähentämä, henkilökohtaisten vähennysten jälkeinen yrityksen tulos.

## 6.6 Muuttuvat kustannukset

Muuttuvat kustannukset aiheutuvat yrityksen tuotosprosessien seurauksena kiinteiden kustannusten päälle. Muuttuvia kustannuksia ovat mm. poltto- ja voiteluaineet, korjaus- ja huoltokulut, varaosat ja tarvikkeet, värimerkkaus ja kanto-käsittelyaineet ja kaluston siirtokustannukset (liite 1).

Koneiden siirrot hoidetaan ostopalveluna, jolloin siirtokilometrejä tulee vuositasolla noin 1 800 km. Siirtoihin on budjetoitu 1,1 €/km, eli 2000 €/v. Yrityksen henkilöstö liikkuu työmatkat omalla autolla laskuttaen yritystä 24 000 km/v, 0,45 €/km. Vuositasolla työmatkakustannuksiin on varattu 10 800 €/v.

Poltto- ja voiteluaineet hakkuun osalta maksavat 13 125 € ja lähikuljetuksen osalta 11 375 €. Korjaus- ja huoltokulut tekevät 11 000 € hakkuun ja lähikuljetuksen osalta. Kuluvat tarvikkeet ja varaosat sisältävät laipat ja teräketjut hakkuukoneeseen. Värimerkkaus maksaa 250 €/v.

Muuttuvat kustannukset ovat hakkuun osalta 27 265 € ja lähikuljetuksen osalta 11 375 € vuodessa.

## 6.7 Työkustannukset

Työkustannuksiin kuuluvat palkkakustannukset. Pekmann tmi:ssä on yksi palkattu osa-aikainen ajokoneen kuljettaja. Hakkuun suorittaa yrittäjä itse. Palkka- ja sosiaalikustannukset vuorotyö- ja lomakorvauksineen ovat 24 150 € vuodessa. Matkakustannuksia oman auton käytöstä (24 000 km) maksetaan 10 800 € vuodessa.

## 6.8 Kannattavuuslaskelmat

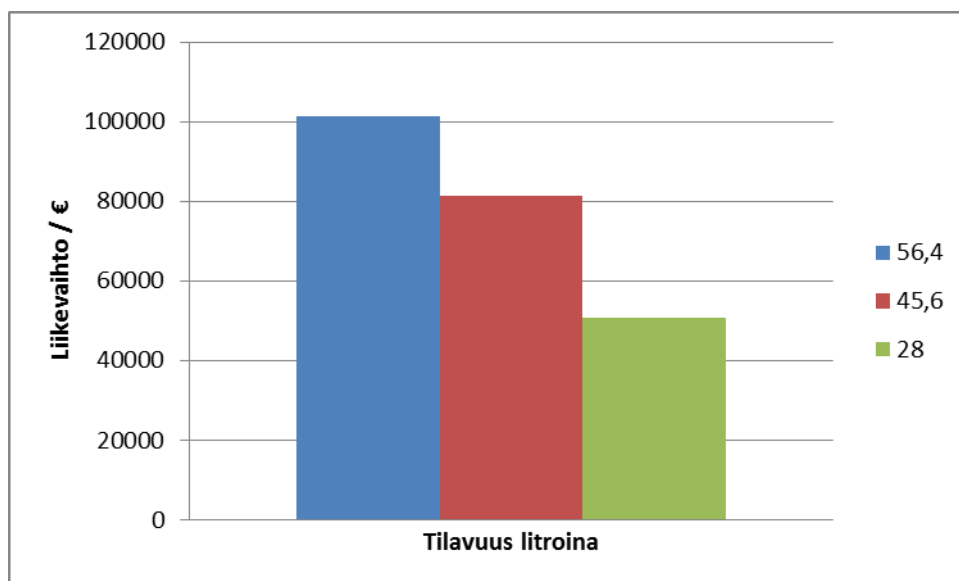
Tämänhetkinen liikevaihto ainespuusta ja energiapuusta on 150 000 € vuodessa.

Koealalla 1 hakkuun tuntuotos on 4,935 m<sup>3</sup>/h. Hakkuun taksa on 13,80 €/m, jolloin tuntuotokseksi tulee 67,62 €. Tällaisella leimikkorakenteella vuosiliikevaihdoksi saadaan 101 430 €/v. Hakkuun vuosiliikevaihdosta vähennetään kulut 81 360 €.

Vuosikatteeksi koealan 1 mukaisilla kohteilla saadaan 20 070 €/v (liite 2), josta yrittäjän tekemien henkilökohtaisten vähennysten jälkeen jäävä tulos on hakkuun suorittavan yrittäjän palkkaa.

Koealalla 2 hakkuun tuntuotos on 2,45m<sup>3</sup>/h ja hakkuun taksa 13,80 €/m<sup>3</sup>, jolloin tuntuotokseksi tulee 33,81 €. Tällaisella leimikkorakenteella vuosiliikevaihdoksi saadaan 50 715 €/v (liite 2). Hakkuun vuosiliikevaihdosta vähennetään kulut 81 360 €.

Vuosikatteeksi koealan 2 mukaisilla kohteilla saadaan -30645 €/v, joka on tappiollista toimintaa.



Liite 2. Litratilavuuden vaikutus liikevaihtoon.

## 7 Yhteenveto ja päätelmät

Tmi Pekman hakkaa tällä hetkellä ainespuun ensiharvennuksia ja energiapuuta saaden vuosiliikevaihdoksi 1500 käyttötunnin työresurssilla 150 000 €/v.

Erikoistuessa pelkästään energiapuunkorjuuseen hyvillä koealan 1 tasoilla kohteilla muodostuisi vuosiliikevaihdoksi 101 430 €/v. Keskijäreyden pudotessa koealan 2 tasolle putoaa vuosiliikevaihto 50 715 €/v.

Keskeisin päätelmä tutkimuksessa on energiapuunkorjuukohteiden keskijäreyden merkityksellisyys kannattavuuteen. Voisi sanoa, että mitä vähemmän yrittäjä tekee energiapuunkorjuuta ja mitä järeämmissä kohteissa, sitä paremmaksi vuosiliikevaihto muodostuu. Energiapuunkorjuun kannattavuuteen ja erityisesti korjuutaksarakenteeseen vaikuttavat keskeisimmin tuontipuun tehdashinta, korvaavien energiamuotojen hintakehitys ja erilaiset päästökauppaan liittyvät tekijät. Tällä hetkellä energiapuuksi korjattava pieniläpimittainen puumassa sisältää suuren kuoriprosentin (kuori, nila ja jälsikerros) vuoksi paljon kosteutta ja soveltuu näin heikoiden energiakäyttöön. Ainespuu sijoittuu tällä hetkellä vielä metsäteollisuuden raaka-ainemarkkinoille eikä käytännössä vaikuta energiapuumarkkinoilla. Energiapuunmittaus ei yllä luotettavuudessa pyöreänpuun mittauksen tasolle, vaan se on osittain arviointia, johon vaikuttavat lukuisat eri tekijät.

Jos energiapuun käyttö nostetaan vuoteen 2020 mennessä suunnitellulle tasolle, on korjuusta maksettavaan taksaan saatava korotusta. Energiapuun korjuusta maksettavia tukipaketteja täytyy kehittää ja tuet on saatava ympärivuotisiksi. Metsähakkeesta saatavasta energiasta voidaan myös maksaa enemmän alkutuotantopäähän jos vain halua löytyy sillä verrattuna esimerkiksi öljyyn hakeenergia on huomattavasti halvempaa.



## Lähteet

Bioenergia 2012, Puuenergia Ry, 2/2012

Biowatti, Tavoitteena tuottava metsä. 2012. WWW-dokumentti.

[http://www.biowatti.fi/fi/palvelut\\_ja\\_tuotteet/metsanomistajille/kasvat  
usmetsan\\_hoitopalvelu/Sivut/Default.aspx](http://www.biowatti.fi/fi/palvelut_ja_tuotteet/metsanomistajille/kasvat<br/>usmetsan_hoitopalvelu/Sivut/Default.aspx). Ei päivitystietoa. Luettu  
2.11.2012.

Fredriksson. (toim.). Polttohakkeen tuotanto harvennusmetsistä. Metsätalouden  
kehittämiskeskus Tapio. 2004

Kansallinen metsäohjelma 2015. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja  
3/2008. Valtioneuvoston periaatepäätös 2008

Liikanen. 2013. Poukkoileva politiikka jarruttaa bioenergian tuloa. Mikkelin kau  
punkilehti. 31.1.2013, 6.

Metla 2013. Energiapuun korjuun ympäristövaikutukset  
[http://www.metla.fi/julkaisut/muut/2008-02-08-energiapuun-korjuu-  
raportti.pdf](http://www.metla.fi/julkaisut/muut/2008-02-08-energiapuun-korjuu-<br/>raportti.pdf) 6.11.2012

Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio 2010. Energiapuun korjuu ja kasvatus.

Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio 2006. Hyvän metsänhoidon suositukset.

Metsäteho 2012. Metsätehon tiedote 2/2012. Kokopuuna vai rankapuuna.  
<http://www.metsateho.fi/tiedotteet/tiedote?id=16812784&year=2010>  
8.11.2012

Metsäteho. Metsätehon tutkimustiedote 3/2009. Ensiharvennuspuun integroidun  
hakkuun tuottavuutta selvitettiin – tulokset lupaavia!  
<http://www.metsateho.fi/tiedotteet/tiedote?id=17000434> 8.11.2012

Pulkka V, 2012. Korjuuesimies. Metsäliitto Oyj. Puhelinhaastattelu 2.11.2012.

Salo, T. 2011 a. Energiaharvennuksilta voi yrittäjä löytää lisämausteita korjuu palveluihin. Koneyrittäjä 9/11. 38–39.

Salo, T. 2011 b. Kansainvälinen bioenergiakonferenssi Jyväskylässä: Bioenergiayrittäjät keskeisessä roolissa. Koneyrittäjä 7/11 28–29.

Tanttu, V. Viekö bioenergiabuumi kalikat massatehtaan myllyistä? Teho – Työtehoseuran metsätalousnumero 4/2007, 34–35.

# Liite 1. Koneketjun kustannusrakenne

KONEKETJUN VUOTUISET KUSTANNUKSET									
				Hakkuukone			Ajokone		
Hakkuukone		Koko ketju		Profi 50			Lokomo 909		
Ajokone									
Vuotuinen työaika		3 000,00	h/a	1 600,00			h/a	1 400,00	h/a
Vuotuinen käyttöaika		2 800,00	h/a	1 500,00			h/a	1 300,00	h/a
Koneen hinta varusteineen		225 000,00	€	210 000,00			€	15 000,00	€
Lainan korko		5 %		5,00			%	5,00	%
Käyttöaste %									
Poistoaika		5 a		5,00			a	5,00	a
Arvonlaskennan %									
Jäännösarvo		50 000,00	€	40 000,00				10 000,00	
Poisto		175 000,00	€	170 000,00				5 000,00	
Poisto + korko ( % )				35 700,00			€/a		
Jäännösarvon korko							€/a		
Vakuutukset	liikennev.			900,00	€/a		520,00	€/a	
	vastuuvak. kumpikin kone yhteensä			500,00	€/a			€/a	
	siirtovak. kumpikin kone yhteensä			1 500,00	€/a			€/a	
Hallintokustannukset									
liike/hallitilat				200,00					
kirjanpito				2 800,00	€/a				
puhelin lehdet, yms.				600,00	€/a				
KIINTEÄT KUSTANNUKSET YHTEENSÄ				42 200,00	€/a		520,00	€/a	
Polttoaineet				13 125,00	€/a		11375	€/a	
voiteluaineet sisältyvät samaan hintaan					€/a			€/a	
Voiteluaineet ja hydr öljyt.					€/a			€/a	
Korjaus ja huolto		3,93 €/h		11 000,00	€/a			€/a	
Kuluvat tarvikkeet ja varaosat		laipat ja ketjut		890,00	€/a			€/a	
sisältyvät korjaus ja huoltokustannuksiin.					€/a				
värimerkkaus				250,00	€/a				
kantokäsittely					€/a				
Kaluston siirtokustannukset		1800 km/a	1,1 €/km	2 000,00	€				
MUUTTUVAT KUSTANNUKSET YHTEENSÄ				27 265,00	€/a		11 375,00	€/a	
Palkat ja sosiaalikulut koko ketjulla				16 100,00	€				
kuljettajan palkka x1				8 050,00	€				
sos. Kulut									
vuorotyölisät ja lomakorvaukset sisältyvät palkkoihin.									
ajo omalla autolla		24 000 km/a	0,45 €/km	10 800,00	€/a				
TYÖKUSTANNUKSET YHTEENSÄ				34 950,00	€/a		0,00		
KUSTANNUKSET YHTEENSÄ									
ILMAN YRITTÄJÄVOITTOA				A+B+C	116 310,00	€			
KUSTANNUKSET YRITTÄJÄVOITTOINEEN				5%					
liikevaihto					150 000,00	€			
kate					33 690,00				